



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 100 03 274 A 1**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 M 8/06**  
H 01 M 8/04

21 Aktenzeichen: 100 03 274.5  
22 Anmeldetag: 26. 1. 2000  
43 Offenlegungstag: 9. 8. 2001

DE 100 03 274 A 1

71 Anmelder:  
XCELLSIS GmbH, 70567 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Boneberg, Stefan, Dipl.-Ing. (FH), 72660 Beuren,  
DE; Motzet, Bruno, Dipl.-Ing., 73235 Weilheim, DE;  
Tischler, Alois, Dipl.-Ing., 94501 Aidenbach, DE;  
Weisser, Marc, Dipl.-Ing., 73277 Owen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 System zur Versorgung von wenigstens zwei Komponenten eines Gaserzeugungssystems

57 Ein System dient zur Versorgung von wenigstens zwei Komponenten eines Gaserzeugungssystems einer Brennstoffzellenanlage, insbesondere den Stufen eines mehrstufigen Reformierungsprozesses, mit einem verdampften und/oder überhitzten Kohlenwasserstoff oder einem Kohlenwasserstoff/Wasser-Gemisch. Das System hat wenigstens zwei Wärmetauscher, die je einen medienseitigen Bereich und einen dem Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereich aufweisen. Die Wärmetauscher sind jeweils wenigstens einer der Komponenten zugeordnet, wobei die dem Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereiche der wenigstens zwei Wärmetauscher in der Art einer Reihenschaltung hintereinander geschaltet sind.

Alternativ dazu weist das System einen Wärmetauscher auf, dessen medienseitigem Bereich sich eine Ventileinrichtung anschließt, durch welche der verdampfte und/oder überhitzte Volumenstrom auf jeweils wenigstens einen Leitungsstrang, welcher zu jeweils einer der wenigstens zwei Komponenten führt, aufgeteilt wird.

DE 100 03 274 A 1

Die Erfindung betrifft ein System zur Versorgung von wenigstens zwei Komponenten eines Gaserzeugungssystems einer Brennstoffzellenanlage, insbesondere den Stufen eines mehrstufigen Reformierungsprozesses, mit einem überhitzten Kohlenwasserstoff oder einem Kohlenwasserstoff/Wasser-Gemisch.

Aus dem allgemeinen Stand der Technik ist es bekannt, daß Gaserzeugungssysteme zur Erzeugung eines wasserstoffhaltigen Gases, beispielsweise für Brennstoffzellenanlagen, insbesondere für den mobilen Einsatz in einem Kraftfahrzeug, über mehrere Komponenten verfügen. Neben den üblicherweise in einer Reihenschaltung angeordneten Komponenten, wie beispielsweise einem Reformier einer Reinigungsstufe oder dergleichen, kann es je nach Betriebszustand der Brennstoffzellenanlage notwendig sein, daß wenigstens zwei Komponenten des Gaserzeugungssystems gegebenenfalls zusätzlich zu ihrer Reihenschaltung parallel mit verdampftem und/oder überhitzten Kohlenwasserstoff oder einem Kohlenwasserstoff/Wasser-Gemisch versorgt werden. Üblicherweise werden hierbei dann zwei Systeme zum Verdampfen oder Überhitzen des Kohlenwasserstoffs bzw. des Kohlenwasserstoff/Wasser-Gemischs eingesetzt.

So beschreibt beispielsweise die DE 196 39 150 C2 ein System, welches dafür prinzipiell geeignet ist, und welches über eine zentrale Heizvorrichtung die notwendige Wärmeenergie zum Verdampfen und/oder Überhitzen bereitstellt. Dabei wird ein Brennmittel zusammen mit einem sauerstoffhaltigen Gas in einem Zentralbrenner katalytisch oxidiert. Die in dem Zentralbrenner erzeugte Wärmeenergie wird über Wärmeträgermedien den Systemkomponenten des Gaserzeugungssystems zugeführt. Durch die erforderliche Verteilung der thermischen Energie mittels eines Wärmeträgermediums auf die einzelnen Komponenten sind entsprechende Leitungselemente notwendig, welche den zentralen Brenner wärmeträgermedienseitig mit den weiteren Komponenten verbinden. In diesen Bereichen können jedoch erhebliche Wärmeverluste auftreten, die den Gesamtwirkungsgrad der Anlage in nachteiliger Weise senken.

Eine derartige Anlage, welche sich eines Wärmeträgermediums zum Verteilen von erzeugter thermischer Energie bedient, weist außerdem den Nachteil auf, daß sie nicht die insbesondere für den mobilen Einsatz in einem Kraftfahrzeug erforderliche dynamische Reaktionsfähigkeit aufweist, welche von den Betreibern eines derartigen Systems gefordert wird.

Ein weiterer Nachteil liegt darin, daß über den zentralen Brenner das gesamte Wärmeträgermedium sowie alle zu versorgenden Komponenten erst auf eine entsprechende Betriebstemperatur gebracht werden müssen, bevor das Gesamtsystem eine störungsfreie Gaserzeugung entsprechend der von außen vorgegebenen Lastanforderungen an eine Brennstoffzelle der Brennstoffzellenanlage ermöglicht.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein System zur Versorgung von wenigstens zwei Komponenten eines Gaserzeugungssystems bereitzustellen, bei welchem eine sehr hohe Flexibilität bezüglich der Versorgungsmengen, insbesondere auch in Abhängigkeit der Betriebstemperatur des Gesamtsystems, sowie ein hoher Wirkungsgrad der Gesamtanlage zu erzielen ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch das mit den Merkmalen des Anspruchs 1 beschriebene System gelöst.

Das entsprechende System nutzt dazu in erfindungsgemäßer Weise wenigstens zwei Wärmetauscher, die mit ihrem jeweiligen medienseitigen Bereich jeweils wenigstens einer der Komponenten zugeordnet sind. Der Eintrag von Energie in einem dazu dienenden Bereich des jeweiligen Wärmetau-

schers erfolgt in der Art einer Reihenschaltung der beiden Wärmetauscher hintereinander. Damit läßt sich in besonders günstiger und vorteilhafter Weise eine getrennte, gegebenenfalls vollkommen unabhängig voneinander ausgebildete Versorgung von wenigstens zwei Komponenten, die hier insbesondere die Stufen eines mehrstufigen Reformierungsprozesses sein können, mit einem verdampften und/oder überhitzten Kohlenwasserstoff oder einem entsprechenden Kohlenwasserstoff/Wasser-Gemisch erreichen. Die besondere Variabilität des Aufbaus läßt sich dabei mit zwei getrennten Dosierungen für den jeweiligen Wärmetauscher erreichen. Dadurch, daß die Bereiche zum Eintrag von thermischer Energie in der Art einer Reihenschaltung hintereinander geschaltet sind, läßt sich die Versorgung der beiden Wärmetauscher mit thermischer Energie jedoch sehr effizient gestalten und es kann auf Wärmeträgermedien zur Verteilung der erzeugten thermischen Energie auf die jeweiligen Wärmetauscher gänzlich verzichtet werden.

In einer besonders günstigen Ausgestaltung der Erfindung erfolgt der Eintrag von thermischer Energie in dem in Richtung der Reihenschaltung ersten Wärmetauscher durch eine katalytische Verbrennung von Abgasen der Brennstoffzelle und/oder zusätzlichem Brennstoff. Dabei gelangen die Abgase der katalytischen Verbrennung, welche direkt in dem in Richtung der Reihenschaltung ersten Wärmetauscher erfolgt, durch den zum Eintrag von thermischer Energie bestimmten Bereich des in Richtung der Reihenschaltung zweiten Wärmetauschers.

Der erste Wärmetauscher dient damit in erfindungsgemäßer Weise der direkten Umsetzung von den eingebrachten Stoffen mittels einer katalytischen Verbrennung, wobei hier die entstandene thermische Energie direkt in dem ersten Wärmetauscher anfällt. Die verbleibenden, im allgemeinen heißen Abgase dieser katalytischen Verbrennung durchströmen den zum Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereich des zweiten Wärmetauschers. Zusammen läßt sich so ein hochgradiges effizientes, bezüglich des Packagings sehr kleines System erstellen, da der erste Wärmetauscher gleichzeitig als katalytischer Brenner dient, wobei die Abgase dieser Verbrennung den zweiten Wärmetauscher durchströmen.

In einer weiteren, alternativen Ausgestaltung der Erfindung ist in Richtung der Reihenschaltung vor dem dem Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereich des ersten Wärmetauschers ein Vorbrenner angeordnet.

Die Abgase dieses Vorbrenners strömen dabei durch den dem Eintrag der thermischen Energie dienenden Bereich der wenigstens zwei Wärmetauscher. Im Gegensatz zu dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel mittels einer katalytischen Verbrennung in dem ersten Wärmetauscher, erlaubt die Verbrennung in dem Vorbrenner einen vergleichsweise einfacheren Aufbau des Wärmetauschers aufgrund dessen, daß in dem dem Energieeintrag dienenden Bereich des Wärmetauschers ausschließlich Abgase strömen. Daher muß der Wärmetauscher nicht gegen eine gegebenenfalls mögliche Explosion geschützt werden, wie dies im Falle des Wärmetauschers als katalytischer Brenner der Fall ist. Der Wärmetauscher kann damit in seiner Herstellung und in seiner Bauweise entsprechend einfacher ausgeführt werden. Damit ergibt sich zusätzlich der Vorteil, daß aufgrund der geringeren Masse des Wärmetauschers und damit einer geringeren Wärmekapazität ein weitaus schnelleres dynamisches Ansprechverhalten des Wärmetauschers realisiert werden kann.

Eine alternative Lösung der oben genannten Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 9 beschrieben.

Hierbei wird der verdampfte und/oder überhitzte Kohlenwasserstoff oder das Kohlenwasserstoff/Wasser-Gemisch in

erfindungsgemäßer Weise über eine Ventileinrichtung nach dem Durchströmen eines Wärmetauschers auf die jeweiligen Komponenten, insbesondere die Stufen eines Reformierungsprozesses, aufgeteilt.

Damit ergibt sich ein sehr einfacher konstruktiver Aufbau der mit kurzen Leitungslängen und minimalem Einsatz an Verdampfer- bzw. Wärmetauscherelementen in der Lage ist, den erzeugten Kohlenwasserstoff bzw. Kohlenwasserstoff/Wasser-Dampf in einem entsprechenden, gewünschten Mengenverhältnis den jeweiligen Komponenten des Gaserzeugungssystems zuzuführen. Der besondere Vorteil liegt hierbei in dem vergleichsweise einfachen und leichten Aufbau, welcher wiederum aufgrund seiner geringen Wärmekapazität und einer vergleichsweise geringen Masse ein schnelles Aufheizen des Gesamtsystems auf Betriebstemperatur und damit ein verbessertes Kaltstart-Verhalten ermöglicht.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und den anhand der Zeichnung nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen.

Es zeigt:

**Fig. 1** einen möglichen Aufbau des erfindungsgemäßen Systems zur Versorgung von wenigstens zwei Komponenten eines Gaserzeugungssystems mit einem Brenner und zwei Wärmetauschern;

**Fig. 2** einen möglichen Aufbau des erfindungsgemäßen Systems zur Versorgung von wenigstens zwei Komponenten eines Gaserzeugungssystems mit zwei Brennern und zwei Wärmetauschern;

**Fig. 3** einen alternativen Aufbau des Systems zur Versorgung von wenigstens zwei Komponenten eines Gaserzeugungssystems mit einem über eine katalytische Verbrennung beheizten Wärmetauscher; und

**Fig. 4** eine alternative Ausführungsform des Systems zur Versorgung von wenigstens zwei Komponenten eines Gaserzeugungssystems mit einem Wärmetauscher und einer Ventileinrichtung.

In **Fig. 1** ist ein möglicher Aufbau des Systems zum Versorgen von wenigstens zwei Komponenten 1, 2 mit einem erwärmten, verdampften und/oder überhitzten Kohlenwasserstoff oder Kohlenwasserstoff/Wasser-Gemisch dargestellt. Bei den beiden Komponenten 1, 2 kann es sich insbesondere um zwei Stufen eines mehrstufigen Reformierungsprozesses, beispielsweise um eine Komponente 1 zur partiellen Oxidation und um eine Komponente 2 zur katalytischen Reformierung handeln. In allen Ausführungsbeispielen soll als Kohlenwasserstoff bzw. Kohlenwasserstoff/Wasser-Gemisch ein Gemisch aus Methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) und Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) eingesetzt werden.

Das System in dem Aufbau gemäß **Fig. 1** weist zwei Wärmetauscher 3, 4 auf, welche jeweils einen medienseitigen Bereich 3a, 4a und einen dem Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereich 3b, 4b umfassen.

Der prinzipmäßige Aufbau zeigt, daß die Komponente 1 über den Wärmetauscher 3 und eine Dosiereinrichtung 5 mit dem Methanol/Wasser-Dampf versorgt wird. Die Weiterleitung und Weiterverwendung des in der Komponente 1 reformierten bzw. teilreformierten Produkts erfolgt in an sich bekannter Weise und ist über einen punktierten Pfeil 6 lediglich angedeutet.

Vergleichbares gilt auch für die Komponente 2, welche über den Wärmetauscher 4 und eine weitere Dosiereinrichtung 7 mit den erforderlichen Edukten versorgt wird, wobei auch hier die Produkte gemäß dem Pfeil 8 in an sich bekannter Weise weitergeleitet und weiterverwendet werden.

Das besondere Augenmerk gilt nun der Erzeugung und Verwendung der für das Verdampfen und/oder Überhitzen

des Methanol/Wasser-Gemischs erforderlichen thermischen Energie in dem System gemäß **Fig. 1**. Dazu wird in einer prinzipmäßig angedeuteten Mischeinrichtung 9 das Anoden- und Kathodenabgas einer nicht dargestellten Brennstoffzelle einer in ihrer Gesamtheit ebenfalls nicht dargestellten Brennstoffzellenanlage vermischt.

Das Kathodenabgas der Brennstoffzelle weist dabei einen vergleichsweise hohen Anteil an Restsauerstoff auf, so daß dieser zusammen mit den in dem Anodengas enthaltenen Resten an Wasserstoff, Methanol und gegebenenfalls Kohlenmonoxid in einem Vorbrenner 10 verbrannt werden können. Da die aus dem Anoden- bzw. Kathodenbereich der Brennstoffzelle stammenden Gase systembedingt ohnehin unter einem gewissen Druck stehen, sind keine weiteren Fördereinrichtungen zur Zufuhr der genannten Gase notwendig.

In der Startphase der Brennstoffzellenanlage wird die Brennstoffzelle allerdings noch keine ausreichende Menge an Abgasen liefern, da insbesondere der Kathodenbereich der Brennstoffzelle zu diesem Zeitpunkt jedoch mit Luft beaufschlagt ist, gelangt so die noch annähernd unverbrauchte Luft als "Kathodenabgas" zu der Mischeinrichtung 9. Für diese Betriebszustände kann der Mischeinrichtung 9 optional noch ein weiteres Brennmittel, bevorzugterweise selbstverständlich der in der Brennstoffzellenanlage ohnehin vorhandene Kohlenwasserstoff, hier also insbesondere das Methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), zugeführt werden. Selbstverständlich ist diese optionale Zufuhr von Methanol zu der Mischeinrichtung 9 auch dann möglich, wenn aufgrund bestimmter Lastbedingungen der Brennstoffzellenanlage, z. B. zu Beginn einer sprunghaftigen Lasterhöhung, die in dem Anodenabgas vorliegenden brennbaren Reststoffe zur Erzeugung der erforderlichen thermischen Energie in dem Vorbrenner 10 vorübergehend nicht ausreichen.

Bei dem Vorbrenner 10 kann es sich in der bevorzugten Ausführung um einen einfachen thermischen Brenner handeln, welcher die eingebrachten Gase bzw. das eingebrachte Methanol wenigstens annähernd vollständig verbrennt. Dieser an sich bekannte Aufbau des Verbrenners 10 ermöglicht durch die Gestaltung einer Brennerdüse und eines Brennraums in Abhängigkeit des jeweils eingesetzten Brennmittels einen sehr hohen Wirkungsgrad. Die thermische Energie dieser Verbrennung wird dann überwiegend über die Abgase weitergeleitet.

Die heißen Abgase dienen in dem System nun zum Erwärmen des Bereichs 3b des Wärmetauschers 3 sowie des Bereichs 4b des Wärmetauschers 4. Dabei wird zumindest der Wärmetauscher 4 im Gegenstrombetrieb betrieben, was es erlaubt, die Abgastemperatur beim Verlassen des Bereichs 4b des Wärmetauschers 4 auf ein sehr kleines Niveau zu senken und somit die in dem heißen Abgas vorliegende thermische Energie wenigstens annähernd ganz in dem System zu nutzen. Dies ermöglicht einen sehr hohen Systemwirkungsgrad. Gleichzeitig kann der Wärmetauscher 3, je nach gegebenen Erfordernissen, sowohl im Gegenstrom als auch im Gleichstrom, wie beispielsweise in **Fig. 1** dargestellt, und bei geeigneten Aufbau prinzipiell auch im Kreuzstrom betrieben werden. Damit ergibt sich eine hohe Variabilität der Möglichkeiten, welche eine sehr variable Versorgung der beiden Komponenten 1, 2 mit den entsprechenden Mengen an Dampf des entsprechenden Temperaturniveaus erlaubt.

Dabei kann es insbesondere sinnvoll sein, den Wärmetauscher 3 in einer sehr leichten Ausführung mit wenig Masse auszubilden. Durch die dadurch zu erzielende geringe Wärmekapazität des Wärmetauschers 3 läßt sich ein sehr schnelles dynamisches Ansprechverhalten des Wärmetauschers 3 erreichen und im Falle eines Kaltstarts des Systems bzw. der

Brennstoffzellenanlage kann der Wärmetauscher 3 sehr schnell auf die erforderliche Temperatur gebracht werden.

Selbstverständlich können die Komponenten 1, 2 damit auch bezüglich einer dynamischen Versorgung mit Dampf sehr unterschiedlich angesprochen werden. Beispielsweise würde es sich anbieten, die Komponente 1 entsprechend so auszulegen, daß sie insbesondere bei einem Kaltstart der Anlage eine sehr hohe Reformierungsleistung zu erzielen vermag, wobei die Komponente 2 nach dem Erreichen der endgültigen Systemtemperatur die Hauptlast der zu reformierenden Menge an Methanol tragen könnte. In Verbindung mit den entsprechenden Wärmetauschern 3, 5, welche sich insbesondere bezüglich ihrer Baugröße und ihrer Masse diesen Verhältnissen anpassen, läßt sich so ein System zur Versorgung der wenigstens zwei Komponenten 1, 2 des Gaserzeugungssystems erreichen, welches neben einem guten dynamischen Ansprechverhalten auch hervorragende Kaltstarteigenschaften zu erzielen vermag.

Fig. 2 zeigt einen prinzipmäßig vergleichbaren Aufbau, wobei dieser außer über den Vorbrenner 10 auch noch über einen Nachbrenner 11 verfügt, welcher über eine Mischeinrichtung 12 mit dem Abgas des Verbrenners 10, weiterem Anodenabgas und gegebenenfalls weiterem Brennmittel, hier also Methanol, versorgt wird.

Die Funktionsweise des Systems gemäß Fig. 2 unterscheidet sich dabei kaum von der Funktionsweise des Systems gemäß Fig. 1. Durch den zusätzlichen Nachbrenner 11, welcher in der Strömung des Abgases zwischen dem ersten Wärmetauscher 3 und dem zweiten Wärmetauscher 4 angeordnet ist, läßt sich jedoch das Abgas aus dem Vorbrenner 10 und dem ersten Wärmetauscher 3 erneut auf ein höheres Temperaturniveau bringen. Dadurch wird die Flexibilität der Anlage sowie das dynamische Ansprechverhalten insbesondere des zweiten Wärmetauschers 4 erhöht.

Außerdem erhöht der Aufbau mit zwei, insbesondere thermisch betriebenen Brennern, hier wäre jedoch prinzipiell auch der Einsatz eines katalytischen Vorbrenners und eines rein thermischen Nachbrenners oder vergleichbarer Kombinationen denkbar, sehr gut genutzt. Durch die beiden Brenner 10, 11 können praktisch alle in den Abgasen vorhandenen, brennbaren Reststoffe zur Erzeugung der erforderlichen thermischen Energie genutzt werden. Insbesondere in der Kombination mit dem zumindest in dem Wärmetauscher 4 realisierten Gegenstrombetrieb, lassen sich so praktisch alle chemischen sowie thermischen Energieinhalte des Brennstoffzellenabgases nutzen, wodurch sich der Wirkungsgrad des Gesamtsystems steigert.

Für die entsprechende Ansteuerung sowie die Massen- bzw. Wärmekapazitätsverhältnisse der einzelnen Wärmetauscher 3, 4 zur Versorgung der einzelnen Komponenten 1, 2 des Gaserzeugungssystems untereinander, gilt prinzipiell auch hier das unter Fig. 1 Erläuterte.

Fig. 3 zeigt nun einen Aufbau der prinzipiell dieselbe Aufgabe zu lösen vermag. Hier wird allerdings ein katalytisch direkt beheizter Wärmetauscher 13 eingesetzt, welcher in seinem dem Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereich 13b ein Katalysatormaterial 14, beispielsweise in Form einer Beschichtung oder einer Füllung von mit Katalysatormaterial beschichteten Stoffen, aufweist. Diesem Bereich 13b des Wärmetauschers 13 wird dabei über eine Mischeinrichtung 15 ein Gemisch aus dem Anoden- und Kathodenabgas, welchem gegebenenfalls noch das Brennmittel, also hier das Methanol, zugegeben werden kann, zugeführt. In dem Bereich 13b des Wärmetauschers 13 kommt es dann zu einer katalytischen Verbrennung, die einen Teil ihrer Wärme direkt an den medienseitigen Bereich 13a des Wärmetauschers 13 und damit an das dort strömende über eine Dosiereinrichtung 16 eingebrachte zu verdampfende

Methanol/Wasser-Gemisch abgibt. Dieser Methanol/Wasser-Dampf gelangt dann zu der Komponente 1 des Gaserzeugungssystems und von dort gemäß dem Pfeil 6 in an sich bekannter Weise zur weiteren, optionalen Komponenten des Gaserzeugungssystems oder direkt zu der Brennstoffzelle der Brennstoffzellenanlage.

Die heißen Abgase der katalytischen Verbrennung in dem Bereich 13b des Wärmetauschers 13 gelangen dann zu einem weiteren Wärmetauscher 17, welcher wiederum im Gegenstrom betrieben wird und in seiner prinzipiellen Funktionsweise mit dem Wärmetauscher 4 aus den vorhergehenden Ausführungsbeispielen vergleichbar ist. Durch den Gegenstrombetrieb des Wärmetauschers 17 läßt sich auch hier eine sehr niedrige Abgastemperatur erzielen.

Zwischen dem Wärmetauscher 13 und dem Wärmetauscher 17 ist ein Brenner 18 dargestellt, welcher vorzugsweise als katalytischer oder auch als thermischer Brenner 18 ausgebildet sein kann, und welcher über eine Mischeinrichtung 19 mit Anodenabgas der Brennstoffzelle und gegebenenfalls mit Methanol versorgt werden kann. Dieser Brenner 18 ermöglicht es dabei, die vergleichsweise kalten Abgase der katalytischen Verbrennung nochmals anzuwärmen und sämtliche in dem Abgas verbleibenden Reststoffe zu verbrennen. Zusammen mit dem Gegenstrombetrieb des Wärmetauschers 17 erhöht dies wiederum den Gesamtwirkungsgrad des Systems und verringert darüber hinaus die Schadstoffemission mit den Abgasen, da in dem Brenner 18 und der dort möglichen, vergleichsweisen hohen Temperatur wenigstens annähernd alle brennbaren Reststoffe aus dem Abgas oxidiert werden.

Das in dem Wärmetauscher 17 über eine Dosiereinrichtung 20 eingebrachte Methanol/Wasser-Gemisch wird in dem Wärmetauscher 17 verdampft und gelangt zu der Komponente 2 des Gaserzeugungssystems und von dort in an sich bekannter Weise gemäß dem Pfeil 8 zur Weiterverwendung.

Fig. 4 zeigt nun eine weitere, vereinfachte Ausführungsform einer entsprechenden Anlage. Die Anlage weist dabei lediglich einen Wärmetauscher 21 auf, welcher wiederum im Gegenstrom betrieben wird und die beiden Bereiche 21a und 21b umfaßt. Dem Bereich 21b zum Eintrag der thermischen Energie wird, prinzipiell vergleichbar mit den vorhergehenden Ausführungsbeispielen, das heiße Abgas einer in einem Brenner 22 stattfindenden Verbrennung zugeführt. Als Ausgangsstoff für die Verbrennung dienen dabei wieder die in einer Mischeinrichtung 23 zusammengeführten Anoden- und Kathodenabgase der Brennstoffzelle sowie gegebenenfalls optional zugeführtes Methanol.

Durch die den Bereich 21b zum Eintrag der thermischen Energie des Wärmetauschers 21 durchströmenden, heißen Abgase wird ein den medienseitigen Bereich 21a durchströmendes Methanol/Wasser-Gemisch verdampft, welches über eine Dosiereinrichtung 24 dem Wärmetauscher 21 zugeführt wird. Von dem medienseitigen Bereich 21a des Wärmetauschers 21 gelangt der Methanol/Wasser-Dampf zu einer Ventileinrichtung 25, welche hier durch zwei einzelne Regelventile 25a, 25b angedeutet ist. Über diese Ventileinrichtung 25, welche die Funktionsweise eines regelbaren Proportionalventils erfüllt, wird der Methanol/Wasser-Dampf gemäß den Systemanforderungen, beispielsweise gemäß der aktuell vorliegenden Systemtemperatur, über zwei Leitungsstränge 26, 27 entsprechend auf die Komponenten 1, 2 des Gaserzeugungssystems verteilt. Wie bereits in den vorhergehenden Ausführungsbeispielen prinzipmäßig angedeutet, gelangen die Produkte von dort gemäß den gestrichelten Pfeilen 6, 8 in an sich bekannter Weise zu weiteren Komponenten der Brennstoffzellenanlage. Als Ventileinrichtung 25 kann beispielsweise auch ein Drei-Wege-

Hahn oder zwei Zwei-Wege-Ventile eingesetzt werden.

Bei dem Ausführungsbeispiel des Systems gemäß Fig. 4 kann dabei auf eine zweite Dosiereinrichtung verzichtet werden und es muß lediglich ein Brenner 22 und ein Wärmetauscher 21 in dem System vorhanden sein. Bezüglich eines möglichst kleinen Packagings kann das in Fig. 4 dargestellte System damit eine sehr leicht zu realisierende Systemvariante zur Versorgung der wenigstens zwei Komponenten 1, 2 des Gaserzeugungssystems der Brennstoffzellenanlage mit dem entsprechenden Methanol/Wasser-Dampf sein.

Alle Ausführungsbeispiele, welche hier dargestellt wurden, erlauben es dabei, einerseits durch zwei getrennte Dosiereinrichtungen 5, 7, 16, 20 andererseits durch die Dosiereinrichtung 24 und die Ventileinrichtung 25, die zwei Komponenten 1, 2 des Gaserzeugungssystems relativ unabhängig voneinander mit der geforderten Menge des Methanol/Wasser-Dampfs des gewünschten Temperaturniveaus schnell zu versorgen. Dies kann vorwiegend dazu genutzt werden, die Komponente 1 in der Art auszulegen, daß sie ein sehr gutes Kaltstart-Verhalten aufweist und so direkt nach dem Start der Brennstoffzellenanlage den größten Teil der zur erbringenden Reformierungsleistung aufbringt, während bei Betriebstemperatur in der Anlage der größte Teil der zu reformierenden Leistung durch die Komponente 2 aufgebracht wird. Selbstverständlich ist es auch denkbar, die Komponenten 12 als einen mehrstufigen Prozeß in Reihe hintereinander zu schalten, wobei auch hier darauf geachtet werden sollte, daß über die Komponente 1 zum Zeitpunkt des Kaltstarts ein Alleinbetrieb der Anlage möglich ist.

Als Steuer- bzw. Regelgröße für die Verteilung der entsprechenden Methanol/Wasser-Dampf-Volumenströme, entweder über die Ansteuerung der Dosiereinrichtungen 5, 7, 16, 20 bzw. der Ventileinrichtung 25, kann dabei insbesondere die Systemtemperatur dienen.

#### Patentansprüche

1. System zur Versorgung von wenigstens zwei Komponenten (1, 2) eines Gaserzeugungssystems einer Brennstoffzellenanlage, insbesondere den Stufen eines mehrstufigen Reformierungsprozesses, mit einem verdampften und/oder überhitzten Kohlenwasserstoff oder einem Kohlenwasserstoff/Wasser-Gemisch, mit wenigstens zwei Wärmetauschern (3, 4; 13, 17), die je einen medienseitigen Bereich (3a, 4a; 13a, 17a) und einen dem Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereich (3b, 4b, 13b, 17b) aufweisen und die jeweils wenigstens einer der Komponenten (1, 2) zugeordnet sind, wobei die dem Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereiche (3b, 4b; 13b, 17b) der wenigstens zwei Wärmetauscher (3, 4; 13, 17) in der Art einer Reihenschaltung hintereinander geschaltet sind.
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in dem dem Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereich (13b) des in Richtung der Reihenschaltung ersten Wärmetauschers (13) eine katalytische Verbrennung von Abgasen der Brennstoffzelle und/oder zusätzlichem Brennstoff erfolgt, wobei die Abgase der katalytischen Verbrennung durch den dem Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereich (17b) des in Richtung der Reihenschaltung zweiten Wärmetauschers (17) strömen.
3. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in Richtung der Reihenschaltung vor dem dem Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereich (3b) des in Richtung der Reihenschaltung ersten Wärmetauschers (3) ein Vorbrenner (10) angeordnet ist,

wobei Abgase die aus einer in dem Vorbrenner (10) stattfindenden Verbrennung durch die dem Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereiche (3b, 4b) der wenigstens zwei Wärmetauscher (3, 4) strömt.

4. System nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Vorbrenner (10) eine wenigstens annähernd vollständige Oxidation der Abgase der Brennstoffzelle und/oder des Brennstoffs erfolgt.

5. System nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Vorbrenner (10) eine katalytische Verbrennung der Abgase der Brennstoffzelle und/oder des Brennstoffs erfolgt.

6. System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem dem Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereich (3b, 13b) des in Richtung der Reihenschaltung ersten Wärmetauschers (3, 13) und dem dem Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereich des in Richtung (4b, 17b) der Reihenschaltung zweiten Wärmetauschers (4, 17) ein Nachbrenner (11, 18) angeordnet ist, in welchem eine Verbrennung von Abgasen der Brennstoffzelle und/oder zusätzlichem Brennstoff erfolgt.

7. System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß einer der wenigstens zwei Wärmetauscher (3, 13) eine deutlich geringere Masse als der wenigstens eine andere Wärmetauscher (4, 17) aufweist.

8. System nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der Wärmetauscher (3, 4, 13, 17) jeweils wenigstens eine bezüglich der dosierten Menge an Kohlenwasserstoff oder Kohlenwasserstoff/Wasser-Gemisch steuer- oder regelbare Dosiereinrichtung (5, 7; 16, 20) aufweist.

9. System zur Versorgung von wenigstens zwei Komponenten (1, 2) eines Gaserzeugungssystems einer Brennstoffzellenanlage, insbesondere den Stufen eines mehrstufigen Reformierungsprozesses, mit einem verdampften und/oder überhitzten Kohlenwasserstoff oder einem Kohlenwasserstoff/Wasser-Gemisch, mit wenigstens einem Wärmetauscher (21), der einen medienseitigen Bereich (21a) und einen dem Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereich (21b) aufweist, mit wenigstens einer Ventileinrichtung (25), durch welche der verdampfte und/oder überhitzte Volumenstrom des Kohlenwasserstoffs oder des Kohlenwasserstoff/Wasser-Gemischs auf jeweils wenigstens einen Leitungsstrang (26, 27), welcher zu jeweils einer der wenigstens zwei Komponenten (1, 2) führt, aufteilbar ist.

10. System nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem dem Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereich (21b) des Wärmetauschers (21) ein Brenner (22) angeordnet ist, wobei Abgase aus einer in dem Brenner (22) stattfindenden Verbrennung durch den dem Eintrag von thermischer Energie dienenden Bereich (21b) des wenigstens einen Wärmetauschers (21) strömen.

11. System nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Brenner (22) eine wenigstens annähernd vollständige Oxidation der Abgase der Brennstoffzelle und/oder des Brennstoffs erfolgt.

12. System nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Brenner (22) eine katalytische Verbrennung der Abgase der Brennstoffzelle und/oder des Brennstoffs erfolgt.

13. System nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventileinrichtung (25) wenigstens ein Proportionalventil, einen Drei-Wege-Hahn oder zwei Zwei-Wege-Ventile aufweist.

14. System nach Anspruch 8 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine Aufteilung der Volumenströme des Kohlenwasserstoffs oder des Kohlenwasserstoff/Wasser-Gemischs über die Ventileinrichtung (25) oder die Dosiereinrichtungen (5, 7, 16, 20) in Abhängigkeit der Temperatur der wenigstens zwei Komponenten (1, 2) erfolgt. 5
15. System nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die in Strömungsrichtung der Abgase der Verbrennung letzten Wärmetauscher (4, 17, 21) im Gegenstrom betrieben werden. 10
16. System nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem Kohlenwasserstoff um Methanol handelt. 15
17. System nach einem der Ansprüche 2 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem Brennstoff um Methanol handelt.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

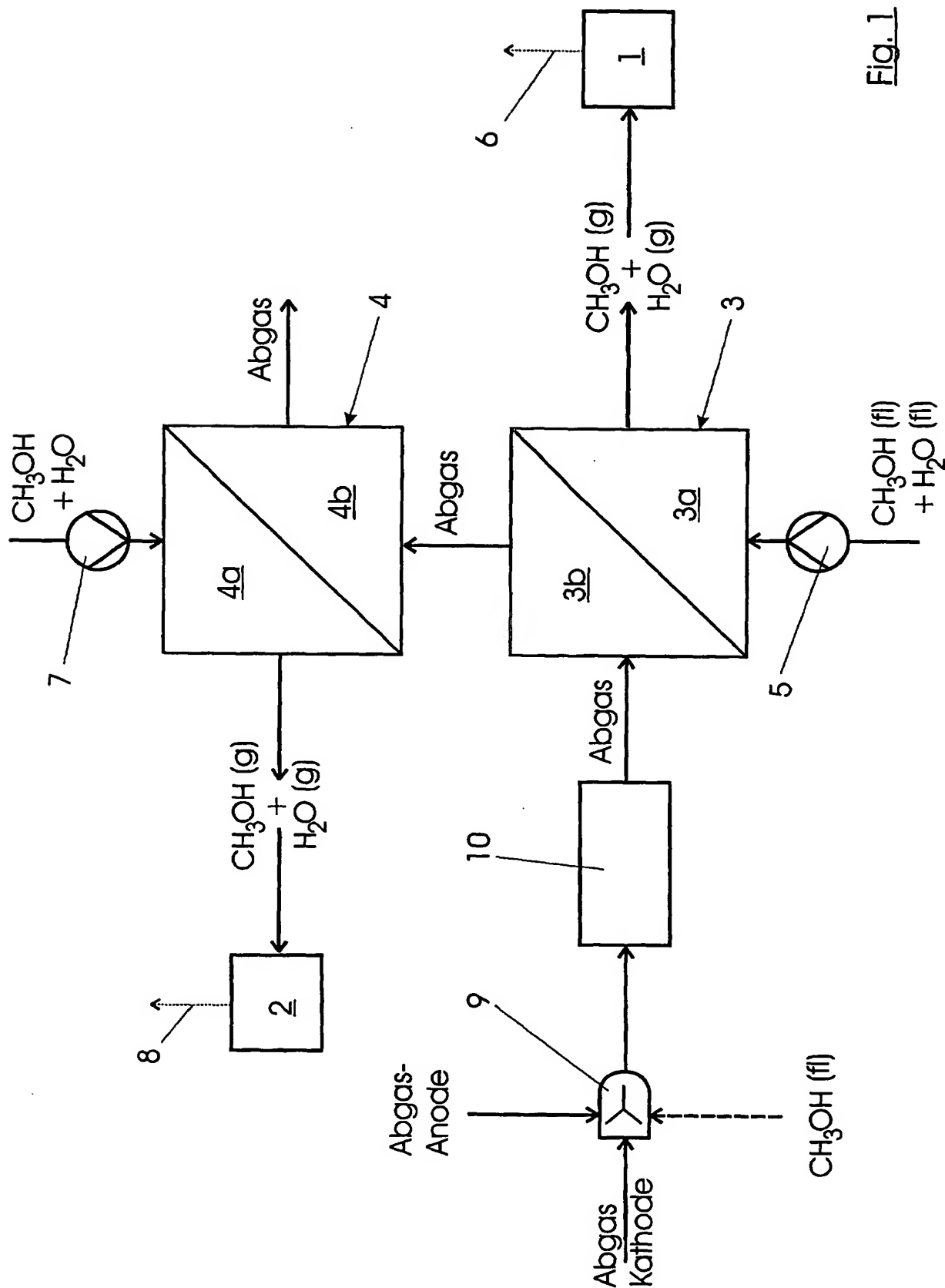
50

55

60

65

Fig. 1



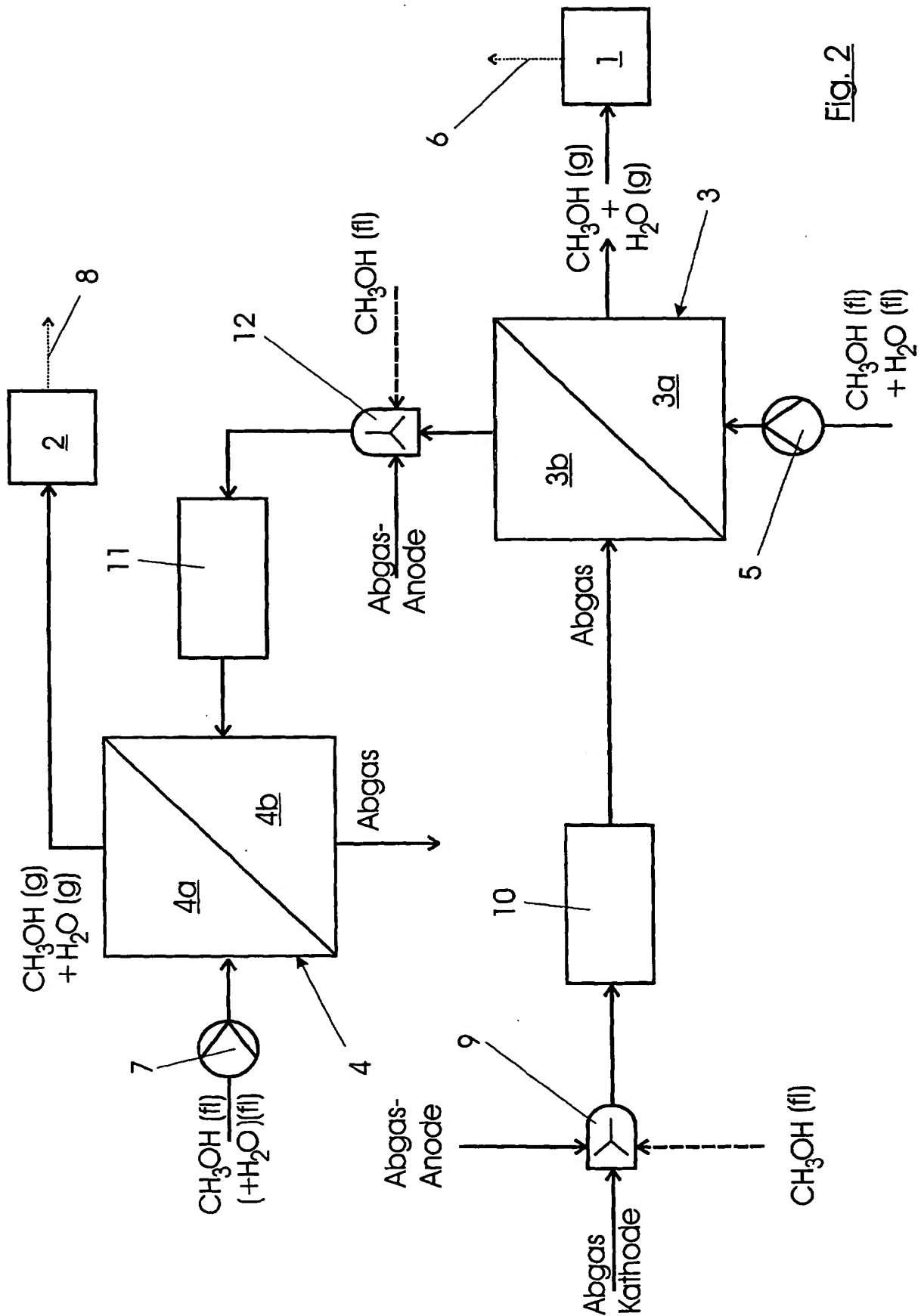


Fig. 2



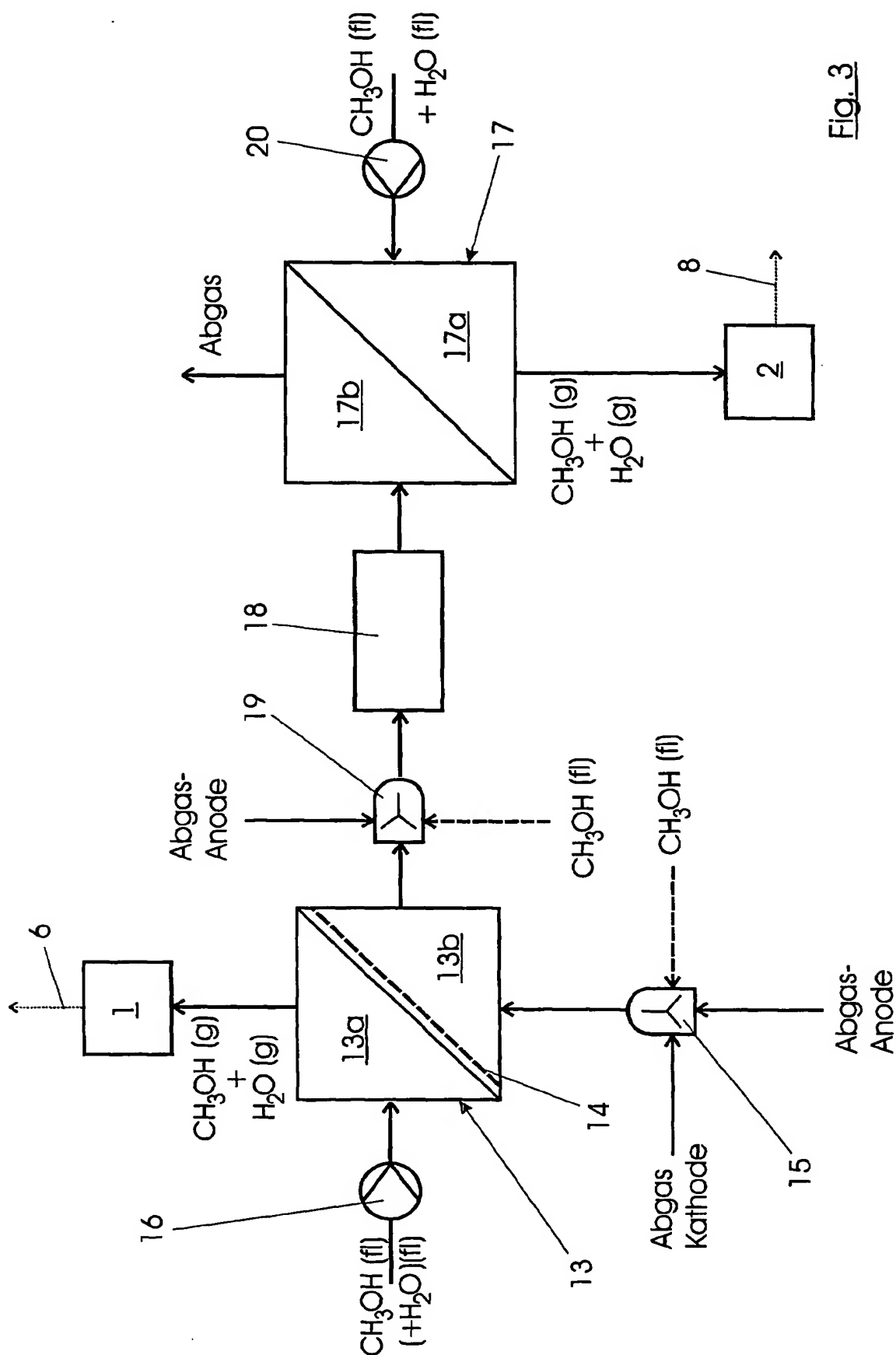


Fig. 3

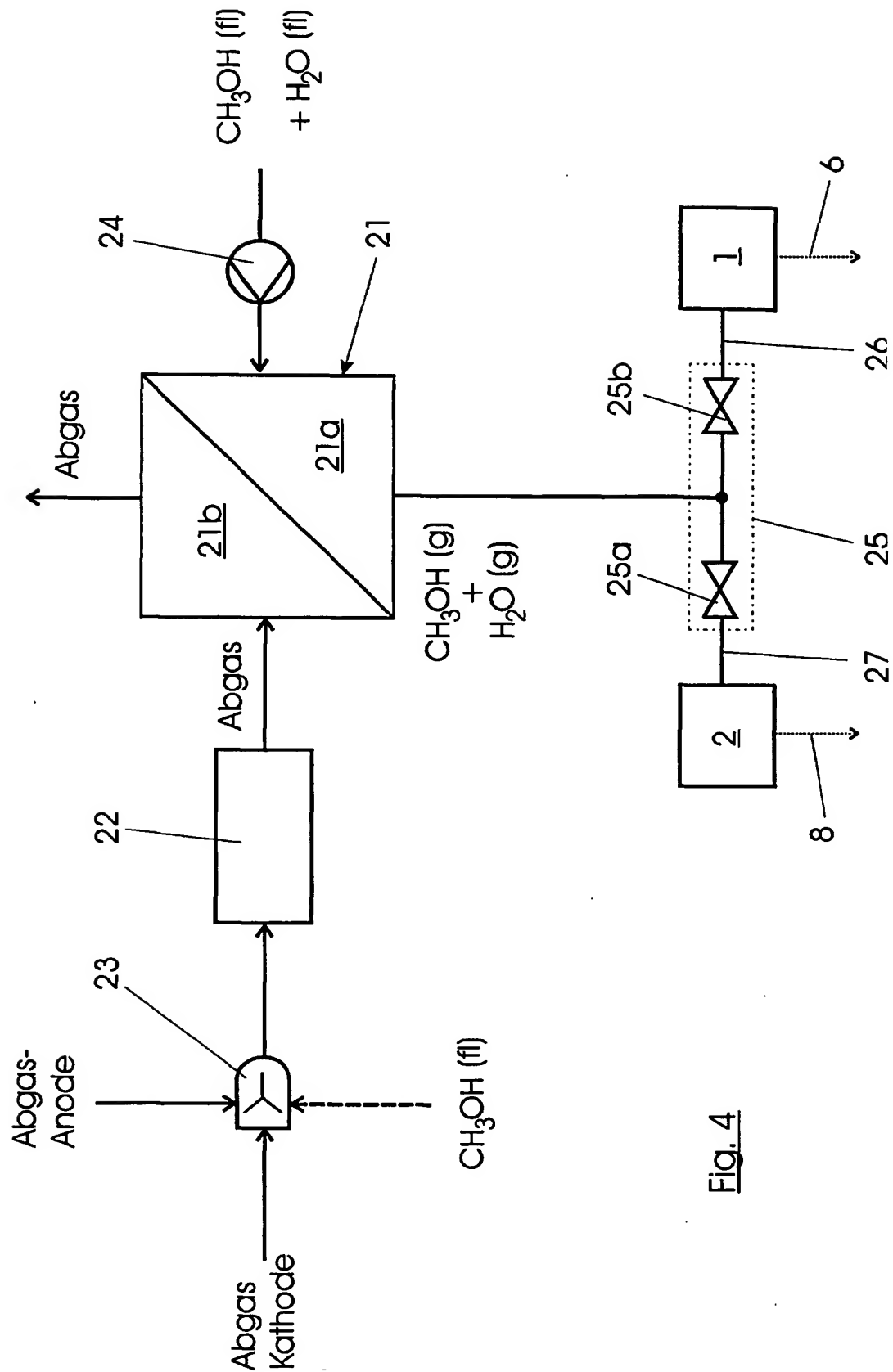


Fig. 4